

Интегрированная программная платформа для комплексного анализа распространения пепловых шлейфов при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки

А.А. Сорокин¹, С.П. Королев¹, О.А. Гирина², И.В. Балашов³, В.Ю. Ефремов³,
И.М. Романова², С.И. Мальковский¹

¹Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск, 680000, Россия
E-mail: alsor@febras.net

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
Петропавловск-Камчатский, 683006, Россия
E-mail: girina@kscnet.ru

³Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия
E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

В связи с тем, что анализ распространения пепловых облаков и шлейфов от вулканов является сложной междисциплинарной задачей, реализация необходимых методов и технологий исключительно на одной платформе представляется крайне затруднительной. Более эффективным является подход, связанный с организацией взаимодействия между уже действующими информационными системами (ИС) и сервисами, на базе которых развиты необходимые научные компетенции, сформированы архивы специализированных данных и выстроена соответствующая вспомогательная программно-аппаратная инфраструктура. На основе указанного подхода с использованием ресурсов автоматизированной ИС «Сигнал», ИС VOKKIA и ИС VolSatView реализована интегрированная программная платформа, обеспечивающая возможность компьютерного моделирования распространения пепловых облаков и шлейфов от вулканов Камчатки, а также проведение совместного анализа полученных результатов расчетов со спутниковой информацией. В статье дается описание этой платформы, а также рассматриваются архитектура взаимодействия специализированных прикладных информационных систем, средства и технологии, используемые для проведения компьютерного моделирования, обмена научными данными и работы с ними. Приведены примеры созданных пользовательских интерфейсов для постановки вычислительных задач и проведения совместного анализа результатов расчетов и данных, полученных методами дистанционного зондирования Земли из космоса.

Ключевые слова: спутниковые данные, эксплозивное извержение, вулканы Камчатки, PUFF, математическое моделирование, NetCDF, информационная система, АИС «Сигнал», ИС VolSatView, ИС VOKKIA, REST сервис

Одобрена к печати: 24.06.2016
DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-9-19

Введение

Высокая энергетика вулканогенных процессов (катастрофические извержения с выбросом более 1 куб. км материала, подъем пепловых туч до 30 км над уровнем моря, перемещение пепловых облаков на тысячи километров от вулканов и др.), непредсказуемость извержений вулканов представляет высокую опасность для населения и народного хозяйства и поэтому требует детальных научных исследований. Актуальной является задача разработки методов и систем для комплексного анализа данных различных видов наблюдений за деятельностью вулканов для принятия оперативных решений о степени вулканопасности.

В связи с особенностями вулканов Камчатки (удаленность большинства из них от населенных пунктов препятствует их визуальному мониторингу; отсутствие или низкая плотность специализированных наземных сетей наблюдений за ними; пеплопады распространяются на огромные территории; в процессе эксплозивных извержений происходят

крупные изменения атмосферы, в том числе преобразование ее газового состава в результате выделения большого количества тепловой энергии и выноса вулканогенных газов и аэрозолей) наибольшую часть информации о вулканах можно получить только дистанционными методами.

За последние десятилетия их развитие (в первую очередь спутниковых наблюдений), связанное с созданием новых технологий обработки и анализа данных (Лупян и др., 2004, 2011), позволило перейти от качественной к количественной информации, которую можно использовать для исследования и описания различных процессов и явлений, в том числе связанных с вулканизмом (Ефремов и др., 2012; Гордеев и др., 2014, 2015). Однако для оперативного мониторинга действующих вулканов и оценки развития происходящих эксплозивных извержений необходимо применять комплексные наблюдения (видео и визуальные, спутниковые и др.), которые, например, для вулканов Камчатки и Северных Курил с 1993 г. выполняются группой KVERT (Gordeev, Girina, 2014).

Кроме этого, широкое распространение в мире получили математические модели, например, PUFF (Searcy et al., 1998), WRF-Chem (Stuefer et al., 2012) и др., которые с использованием прогнозных метеорологических данных позволяют проводить расчеты траекторий распространения пепловых шлейфов от вулканов.

Оперируя несколькими видами данных и технологий, представляется возможным создать инструмент для комплексного анализа распространения пепловых облаков и шлейфов от вулканов Камчатки, что позволит в определенной мере скомпенсировать существующие недостатки отдельно взятых систем мониторинга и повысит оперативность и достоверность исследований в этой области.

В связи с тем, что анализ распространения пепловых облаков и шлейфов от вулканов является сложной междисциплинарной задачей, реализация необходимых методов и технологий исключительно на одной платформе представляется крайне затруднительной. Более эффективным является подход, связанный с организацией взаимодействия между уже действующими информационными системами (ИС) и сервисами, на базе которых развиты необходимые научные компетенции, сформированы архивы специализированных данных и выстроена соответствующая вспомогательная программно-аппаратная инфраструктура. На основе указанного подхода с использованием ресурсов автоматизированной информационной системы (АИС) «Сигнал» (Sorokin et al., 2015; Korolev et al., 2015), ИС VOKKIA (Романова и др., 2012; Романова, 2013) и ИС VolSatView (Ефремов и др., 2012) реализована интегрированная программная платформа, обеспечивающая возможность компьютерного моделирования распространения пепловых облаков и шлейфов от вулканов Камчатки, а также проведение совместного анализа полученных результатов расчетов со спутниковой информацией.

В статье представлено описание архитектуры созданной программной платформы и её функциональных возможностей.

Система компьютерного моделирования

Ключевой проблемой при проведении моделирования траекторий пепловых облаков и шлейфов от вулканов является наличие источника оперативной информации по произошедшему взрывному событию, а также набор формализованных значений параметров, описывающих это событие: дата и время, высота и продолжительность пеплового выброса и т.п.

Для вулканов Камчатки указанная экспертная информация формируется и публикуется сотрудниками группы KVERT (Girina, Gordeev, 2007) в виде сообщений VONA (Volcano Observatory Notification for Aviation) в ИС VOKKIA и дублируется в АИС «Сигнал», через которую осуществляется управление инструментальными средствами специализированных сетей наблюдений Дальневосточного отделения РАН (Ханчук и др., 2013). Данные каждой VONA с использованием встроенной в MySQL statement-based репликации передаются на сервер MySQL АИС «Сигнал».

При получении новых данных настроенные триггеры событий *AFTERINSERT* и *AFTERUPDATE* передают их в хранимую процедуру, предназначенную для публикации этих данных в виде задачи в очереди сервера Gearman (Day et al., 2010), для чего используется соответствующее UDF-расширение сервера MySQL. Далее обработчик АИС «Сигнал» забирает данные из очереди и, таким образом, массив параметров каждого извержения вулкана становится доступен для вычислительного модуля системы (Signal PuffUAF module), реализованного на основе математической модели PUFF (рис. 1).

Модель PUFF – это численная модель распространения вулканического пепла, которая может прогнозировать положение шлейфа в пространстве после окончания взрывного извержения вулкана. В основе модели лежит трехмерное лагранжево описание дисперсии рассеяния загрязняющего агента, предложенное H.L. Tanaka (Tanaka et al., 1994). Программную реализацию модели PUFF на языке высокого уровня C++ разработал C. Searcy (Searcy et al., 1998) в Университете Аляски в г. Фэрбенкс (Fairbanks). Она легла в основу PuffUAF (Peterson, 2003) – свободно распространяемого пакета компьютерных программ, применяемого для прогнозирования перемещения и дисперсии рассеяния пепловых облаков и моделирования выпадения пепла.

В составе системы компьютерного моделирования используется модифицированная сотрудниками ВЦ ДВО РАН версия пакета программ PuffUAF, обеспечивающая полную поддержку входных NetCDF файлов, получаемых с использованием утилиты wgrib2 (доступна для скачивания по адресу <http://lits.ccfebras.ru/assets/files/puff-uaf-2.2.2-1.tar.gz>).

Работа с метеорологическими данными

В качестве вспомогательных данных для компьютерных расчетов используются поля зональной и меридиональной составляющих скорости ветра (u и v компоненты) на наборе

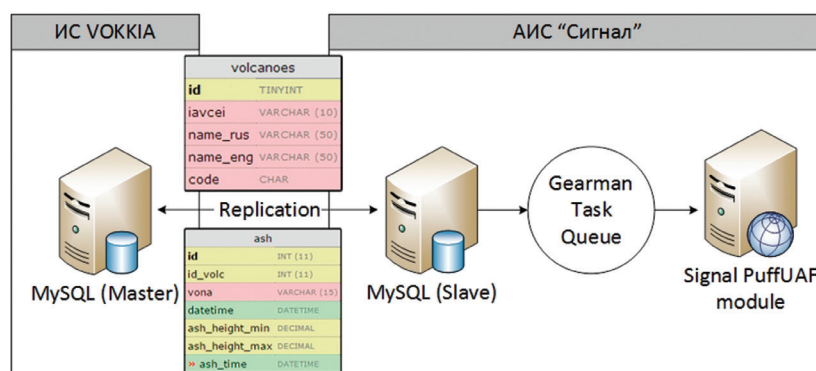


Рис. 1. Схема передачи параметров извержения вулкана из ИС VOKKIA в АИС "Сигнал"

изобарических поверхностей, покрывающих область моделирования. Эти метеоданные передаются в вычислительный модуль системы в формате NetCDF.

Для формирования NetCDF файлов могут применяться как фактические, так и прогнозные данные, получаемые с использованием различных погодных моделей (GFS, ECMWF IFS и т.д.). В реализованной системе используется прогностическая продукция глобальной модели GFS, разработанной и функционирующей в метеорологическом центре NCEP/NOAA (США). Расчеты модели производятся четыре раза в сутки (00:00, 06:00, 12:00, 18:00 UTC) с заблаговременностью 384 часа и с дискретностью в 3 и 6 часов. Указанная модель имеет пространственное разрешение в 0,25 градуса по широте и долготе. Выходная продукция системы GFS распространяется в GRIB коде второй редакции (grib2) и включает в себя (для одного расчета модели) файл с данными анализа (прогноза с нулевой заблаговременностью) и файлы с прогнозом.

Для организации работы с метеорологическими данными в системе созданы несколько вспомогательных подсистем, которые обеспечивают копирование и синхронизацию актуального локального архива с прогностической продукцией, а также поиск в нем оптимального набора grib2 файлов для проведения моделирования относительно заданных временных условий. Реализованный алгоритм формирования набора grib2 файлов (далее – «коллекции») имеет следующий вид:

1. Формирование коллекции начинается с поиска самого свежего прогноза, содержащего записи, актуальные на время, предшествующее началу моделирования.
2. Из набора файлов данного прогноза выбирается самый первый файл с данными, предшествующими по времени началу моделирования, а также следующий за ним файл (если первый файл содержал данные анализа).
3. Если текущий прогноз является последним доступным, формирование коллекции продолжается путем выбора последующих файлов набора до тех пор, пока они не покроют все время моделирования.
4. В противном случае происходит переход к следующему по времени прогнозу и выбор из него (если выбранные до этого файлы еще не покрывают все время моделирования) первого файла с данными анализа и файла, следующего по времени сразу за ним.

5. Если выбранные файлы не покрывают все время моделирования, то происходит переход к третьему шагу алгоритма.

В качестве примера на *рис. 2* схематически изображен процесс формирования коллекции для моделирования распространения пеплового облака во время извержения, произошедшего между 18:00 и 21:00 UTC 10.05.2014, запущенного на расчет между 06:00 и 12:00 UTC 11.05.2014. Данная коллекция покрывает временной интервал моделирования, равный 18 часам. Используется прогностическая продукция от трех расчетов модели GFS.

Метеорологические поля из всех файлов сформированной коллекции при помощи программы wgrib2 заносятся в результирующий NetCDF файл с четырехмерной структурой (latitude, longitude, time, level).

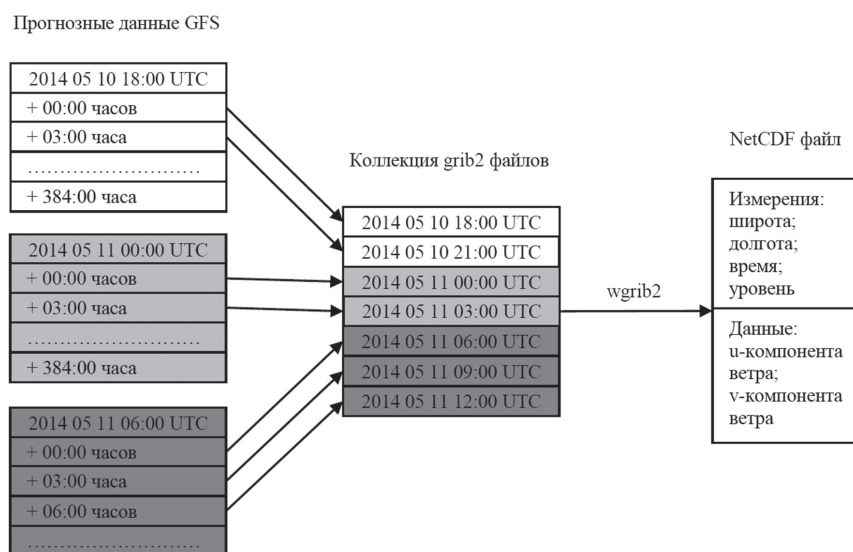


Рис. 2. Пример формирования набора исходных данных на период моделирования 18:00 UTC 10.05.2014 – 12:00 UTC 10.05.2014

Выполнение вычислительных расчетов

Полученный NetCDF файл, а также параметры моделирования (*рис. 1*) используются в качестве входных значений для соответствующих ключей исполняемого файла puff пакета PuffUAF. После запуска и выполнения программы создаются файлы с описанием координат и высот модельных частиц пеплового облака. Формат файлов – NetCDF, их количество соответствует периоду и интервалу моделирования.

Данные указанных выходных файлов применяются для создания результирующих файлов траектории пеплового облака в требуемом формате (GIF, KML, Shape и т.п.). Информация о проведенном автоматическом расчете, его параметрах и полученных результатах записывается в отдельную таблицу в СУБД MySQL в АИС «Сигнал» – справочник результатов моделирования.

Помимо автоматического режима расчетов, применяемого при выпуске или обновлении VONA-сообщений, в АИС «Сигнал» создан пользовательский интерфейс, дающий

возможность специалистам провести интерактивный расчет траектории распространения пепла с детальным указанием исходных параметров произошедшего события и характеристик моделирования. Пример его экранной формы приведен на *рис. 3*.

Оба существующих режима расчетов позволяют заносить результаты моделирования в справочник, доступный всем информационным системам, входящим в состав интегрированной программной платформы.

The screenshot displays a web-based form for configuring volcanic ash dispersion calculations. The interface is organized into several sections:

- Вулкан:** A dropdown menu with 'Шивелуч' selected, accompanied by a parameter label [-volc].
- Время извержения (UTC):** A date and time input field showing '20.05.2016 00:00' with a parameter label [-eruptDate].
- Высота пеплового облака (в км):** Two input fields for 'минимальная' and 'максимальная' values, with parameter labels [-plumeMin] and [-plumeMax] respectively.
- Дополнительные параметры:** A section containing:
 - Число частиц пепла:** An input field with '2000' and parameter label [-nAsh].
 - Нормальное распределение размера частиц в метрах:** Two input fields for 'log₁₀ математического ожидания' (-6) and 'log₁₀ среднеквадратического отклонения' (1), with parameter labels [-ashLogMean] and [-ashLogSdev].
 - φ-распределение размеров частиц:** An input field with a parameter label [-phiDist].
 - Начальное вертикальное рассеяние (в км.):** An input field with '3' and parameter label [-plumeZwidth].
 - Начальное горизонтальное рассеяние (в км.):** An input field with '0' and parameter label [-plumeHwidth].
 - Вертикальное распределение частиц:** A dropdown menu with 'linear' selected and parameter label [-plumeShape].
- Параметры моделирования (в часах):** Three input fields for 'Длительность извержения' (3), 'Длительность моделирования' (24), and 'Интервал моделирования' (6), with parameter labels [-eruptHours], [-runHours], and [-saveHours].
- Дополнительные параметры:** A section containing:
 - Шаг моделирования по времени (в мин.):** An input field with '10' and parameter label [-dtMins].
 - Коэффициент горизонтальной диффузии (в м²/с):** An input field with '10000' and a checkbox for 'turbulent' with parameter label [-diffuseH].
 - Коэффициент вертикальной диффузии (в м²/с):** An input field with '10' and parameter label [-diffuseZ].
 - Модель осаждения пепла:** A dropdown menu with 'constant' selected and parameter label [-sedimentation].
 - Не учитывать гравитацию:** A checkbox with parameter label [-noFallout].
- Результат расчетов представить в виде:** Three checkboxes for 'набора графических файлов', 'анимации', and 'файлов KML'.

Рис. 3. Пример экранной формы пользовательского интерфейса АИС «Сигнал» для постановки вычислительных задач

Организация взаимодействия информационных систем

Базовой системой для проведения комплексного анализа распространения пепловых облаков и шлейфов от вулканов Камчатки является ИС VolSatView. Для того чтобы передавать в нее полученные результаты моделирования и принимать задачи на проведение вычислительных расчетов, в составе АИС «Сигнал» создан специализированный web-сервис (*рис. 4*).

Он разработан на основе методологии REST с использованием протокола HTTP(s). Посредством POST-запроса, содержащего параметры моделирования, происходит постановка задания на проведение расчетов в вычислительном модуле АИС «Сигнал», а GET-запросом в VolSatView загружается список всех произведённых расчётов с параметрами и перечнем результатов, закодированный в формате JSON. Используя данные полученного

списка, можно непосредственно в ИС VolSatView визуализировать результаты моделирования конкретного события и проводить сравнительный анализ с фактическими данными, полученными методами дистанционного зондирования Земли из космоса.

Помимо перечисленных возможностей работы с результатами расчетов с применением утилиты и протокола rsync налажен механизм их автоматического зеркалирования и привязки к сообщениям VONA, размещаемым на соответствующих web-страницах на сайте KVERT.

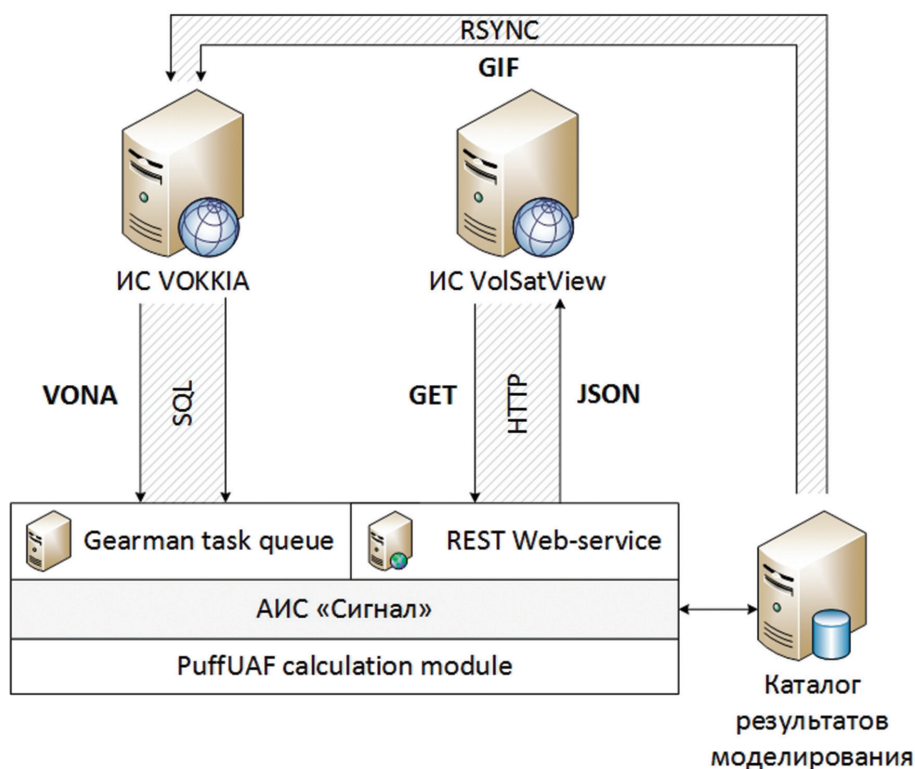


Рис. 4. Схема взаимодействия информационных систем

Интерфейсы для совместного анализа результатов моделирования и спутниковых данных в ИС VolSatView

ИС VolSatView создана для работы с различной информацией (прежде всего спутниковой) для решения задач мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил. Подробно текущие возможности системы и технологии, лежащие в ее основе, описаны в работах (Гордеев и др., 2015, 2014; Лупян и др., 2004, 2011, 2015).

Для обеспечения совместной работы с результатами математического моделирования и другой информацией, хранящейся в системе, были реализованы специальные инструменты. В картографическом web-интерфейсе создан раздел с набором средств, в котором исследователь может сформировать задание на проведение моделирования конкретного события на интересующем вулкане, отправить его на расчет в АИС «Сигнал», оценить статус задачи и, по завершению работы вычислительной системы, получить доступ к резуль-

татам расчетов. При этом возможно проводить моделирование с различными параметрами, впоследствии выбирая реализации, которые наиболее полно согласуются с данными спутниковых наблюдений.

Результаты моделирования представляются в картографическом интерфейсе системы в виде набора точек (частиц пепла), цвет которых соответствует высоте нахождения пепловых частиц в заданный момент времени. В интерфейсе имеется возможность просмотра результатов (географическое положение частиц и их высота) по каждому шагу моделирования. Исследователь также имеет возможность отображать пепловые частицы лишь на интересующих его высотах.

Результаты моделирования могут визуализироваться в системе совместно с различными информационными продуктами, получаемыми на основе спутниковых данных. На *рис. 5* приведен пример экранной формы картографического интерфейса ИС VolSatView с отображением результатов моделирования распространения пеплового шлейфа от вулкана Жупановский совместно с результатами обработки данных прибора MODIS, установленного на спутнике AQUA.

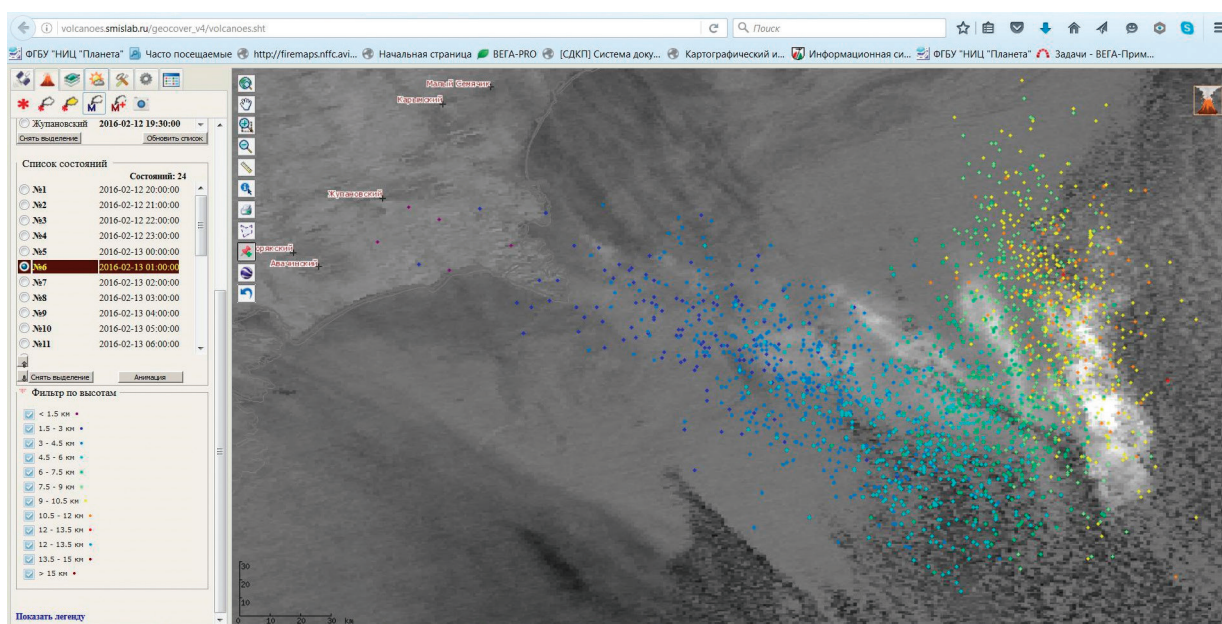


Рис. 5. Пример представления в картографическом интерфейсе ИС VolSatView результатов моделирования распространения пеплового шлейфа от вулкана Жупановский (цветные точки) совместно с данными результатов обработки прибора MODIS, установленного на спутнике AQUA (разница каналов 11 и 12 мкм). На спутниковом изображении от 1:40 GMT 13.02.2016 пепловый шлейф от вулкана показывается белым цветом

Заключение

Разработанная программная платформа позволила объединить ресурсы основных существующих информационных систем, используемых для решения задач оперативно-го мониторинга и исследования вулканов Камчатки. Это дало возможность интегрировать

специализированные архивы данных и средства для работы с ними и создать на базе ИС VolSatView инструменты для комплексного анализа распространения пепловых шлейфов при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки по данным результатов метаматематического моделирования и дистанционного зондирования Земли. Помимо этого, использованные при реализации платформы технологии информационного взаимодействия позволили, без внесения существенных изменений в целостность существующих прикладных систем, на основе дополнительных видов данных сформировать новые виды информационных продуктов и сервисов.

Дальнейшие усилия коллектива разработчиков будут направлены на развитие возможностей вычислительных модулей платформы, связанных со сравнительным анализом информации разных видов наблюдений и возможным восстановлением параметров эксплозивных событий.

Работы, связанные с разработкой системы компьютерного моделирования распространения пепловых облаков и шлейфов от вулканов Камчатки, выполнены при поддержке Российского научного фонда (грант №16-17-00042). Для поставки результатов моделирования во внешние информационные системы данных использован REST сервис, создаваемый при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №16-37-00026 мол_а). Расширение функциональности картографического web-интерфейса ИС VolSatView осуществлялось на основе технологий, создаваемых в ИКИ РАН (Лупян и др., 2015) при поддержке ФАНО России (тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164).

Литература

1. Гордеев Е.И., Гирина О.А., Лупян Е.А., Ефремов В.Ю., Сорокин А.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Романова И.М., Королев С.П., Крамарева Л.С. Возможности использования данных гиперспектральных спутниковых наблюдений для изучения активности вулканов Камчатки с помощью геопортала VolSatView // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 1. С. 267–284.
2. Гордеев Е.И., Гирина О.А., Лупян Е.А., Кашицкий А.В., Уваров И.А., Ефремов В.Ю., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Сорокин А.А., Верхотуров А.Л., Романова И.М., Крамарева Л.С., Королев С.П. Изучение продуктов извержений вулканов Камчатки с помощью гиперспектральных спутниковых данных в информационной системе VolSatView // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 113–128.
3. Ефремов В.Ю., Гирина О.А., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В., Матвеев А.М., Прошин А.А., Сорокин А.А., Флитман Е.В. Создание информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 155–170.
4. Лупян Е.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Кашицкий А.В., Кобец Д.А., Крашенинникова Ю.С., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А., Флитман Е.В. Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 53–75.
5. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В. Технология построения автоматизированных информационных систем сбора, обработки, хранения и распространения спутниковых данных для решения научных и прикладных задач // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 81–89.
6. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В., Крашенинникова Ю.С. Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 26–43.
7. Романова И.М., Гирина О.А., Максимов А.П., Мелекесцев И.В. Создание комплексной информационной веб-системы «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» (VOKKIA) // Информатика и системы управления. 2012. № 3. Вып. 33. С. 179–187.
8. Романова И.М. Геопортал ИВиС ДВО РАН как единая точка доступа к вулканологическим и сейсмологическим данным // Геоинформатика. 2013. № 1. С. 46–54.

9. Ханчук А.И., Сорокин А.А., Смагин С.И., Королёв С.П., Макогонов С.В., Тарасов А.Г., Шестаков Н.В. Развитие информационно-телекоммуникационных систем в ДВО РАН // Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. № 4. С. 45–57.
10. Day E., Aker B. The Gearman Cookbook // Open Source Convention. Portland. Oregon. 2010. P. 53.
11. Girina O.A., Gordeev E.I. Proekt KVERT – snizhenie vulkanicheskoi opasnosti dlya aviatsii pri eksplozivnykh izverzheniyakh vulkanov Kamchatki i Severnykh Kuril (KVERT project: reduction of volcanic hazards for aviation from explosive eruptions of Kamchatka and Northern Kuriles volcanoes) // Vestnik DVO RAN. 2007. Vol. 132. No. 2. pp. 100–109.
12. Gordeev E.I., Girina O.A. Vulkany i ikh opasnost' dlya aviatsii (Volcanoes and their hazard to Aviation) // Vestnik Rossiiskoi akademii nauk. 2014. Vol. 84. No. 2. pp. 134–142. DOI:10.7868/S0869587314020121.
13. Korolev S.P., Sorokin A.A., Verkhoturov A.L., Konovalov A.V., Shestakov N.V. Automated Information System for Instrument Data Processing of the Regional Seismic Observation Network of FEB RAS // Seismic Instruments. 2015. Vol. 51. No. 3. pp. 209–218. DOI:10.3103/S0747923915030068
14. Peterson R.A. PuffUAF User's Manual. Technical Manual. 2003. P. 42.
15. Searcy C., Dean K., Stringer W. PUFF: a high-resolution volcanic ash tracking model // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 1998. Vol. 80. Issues 1–2. P. 1–16.
16. Sorokin A.A., Korolev S.P., Urmanov I.P., Verkhoturov A.L., Makogonov S.V., Shestakov N.V. Software Platform for Observation Networks Instrumental Data Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences // Proceedings of International Conference on Computer Science and Environmental Engineering (CSEE 2015). Beijing, 17–18 May 2015. P. 589–594. WOS:000361831900077.
17. Stuefer M., Freitas S.R., Grell G., Webley P., Peckham S., and McKeen S.A., Inclusion of ash and SO₂ emissions from volcanic eruptions in WRF-Chem: development and some applications // Geoscientific Model Development Discussions. 2012. Vol. 5. Issue 3. P. 2571–2597.
18. Tanaka H.L. Development of a prediction scheme for volcanic ash fall from Redoubt Volcano, Alaska // Volcanic Ash and Aviation Safety: Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety, U.S. Geol. Surv. Bull. 1994. No. 2047. P. 283–291.

The integrated software platform for a comprehensive analysis of ash plume propagation from explosive eruptions of Kamchatka volcanoes

A.A. Sorokin¹, S.P. Korolev¹, O.A. Girina², I.V. Balashov³, V.Yu. Efremov³,
I.M. Romanova², S.I. Malkovsky¹

¹*Computing Center of Far Eastern Branch RAS, Khabarovsk 680000, Russia*
E-mail: alsor@febras.net

²*Institute of Volcanology and Seismology of Far Eastern Branch RAS*
Petropavlovsk-Kamchatsky 683006, Russia
E-mail: girina@kscnet.ru

³*Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*
E-mail: evgeny@iki.rssi.ru

Analysis of the spread of ash clouds and plumes from volcano eruptions is a complex interdisciplinary task, hence implementation of the necessary methods and technologies exclusively on a single platform is extremely difficult. A more efficient approach is associated with the organization of interaction between already existing information systems and services developed on the basis of particular scientific competence and specialized data archives formed and built in the corresponding supporting software and hardware infrastructure. Based on this approach, a software platform was implemented integrating three information systems: Signal, VOKKIA and VolSatView. The platform provides computer modeling of ash clouds and plumes from the volcanoes of Kamchatka, and joint analysis of modeling calculation results with remote sensing data. The paper describes the platform, and the architecture of interaction of specialized applications and information systems, tools and technologies used for computer modeling, exchange of scientific data and working with them. The article includes examples of user interfaces for setting computing tasks and conduct joint analysis of modeling results using the data obtained by remote sensing of the Earth from space.

Keywords: remote sensing data, explosive eruption, volcanoes of Kamchatka, PUFF, mathematical modeling, NetCDF, information system, AIS “Signal”, IS VolSatView, IS VOKKIA, REST service

Accepted: 24.06.2016
DOI:10.21046/2070-7401-2016-13-4-9-19

References

1. Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Sorokin A.A., Efremov V.Yu., Mel'nikov D.V., Manevich A.G., Romanova I.M., Korolev S.P., Kramareva L.S., Vozможности ispol'zovaniya dannykh giperspektral'nykh sputnikovyykh nablyudenii dlya izucheniya aktivnosti vulkanov Kamchatki s pomoshch'yu geoportala VolSatView (Possibility of using hyperspectral data from satellite observations to study activity of Kamchatka volcanoes on the basis of the VolSatView geoportal), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2014, Vol. 11, No. 1, pp. 267–284.
2. Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Efremov V.Yu., Melnikov D.V., Manevich A.G., Sorokin A.A., Verkhoturov A.L., Romanova I.M., Kramareva L.S., Korolev S.P., Izuchenie produktov izverzhenii vulkanov Kamchatki s pomoshch'yu giperspektral'nykh sputnikovyykh dannykh v informatsionnoi sisteme VolSatView (Studies of Kamchatka volcanic eruptions products using hyperspectral satellite data in VolSatView information system), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 1, pp. 113–128.
3. Efremov V.Yu., Girina O.A., Kramareva L.S., Loupian E.A., Manevich A.G., Matveev A.M., Mel'nikov D.V., Proshin A.A., Sorokin A.A., Flitman E.V., Sozdanie informatsionnogo servisa "Distantsionnyi monitoring aktivnosti vulkanov Kamchatki i Kuril" (Creating an information service "Remote monitoring of active volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands"), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 155–170.
4. Loupian E.A., Balashov I.V., Bourtsev, V.Yu. Efremov M.A., Kashnitskiy A.V., Kobets D.A., Krashenninnikova Yu.S., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Sozdanie tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Development of information systems design technologies), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 53–75.
5. Loupian E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V., Tekhnologiya postroeniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem sbora, obrabotki, khraneniya i rasprostraneniya sputnikovyykh dannykh dlya resheniya nauchnykh i prikladnykh zadach (The technology of automated information systems for collecting, processing, storage and dissemination of satellite data for scientific and applied problems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, No. 1, pp. 81–88.
6. Loupian E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V., Krashenninnikova Yu.S., Tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Technology of construction of remote monitoring information systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 26–43.
7. Romanova I.M., Girina O.A., Maksimov A.P., Melekestsev I.V., Sozdanie kompleksnoi informatsionnoi veb-sistemy "Vulkany Kurilo-Kamchatskoi ostrovnogo dugi (VOKKIA)" (Creation of complex information web system "Volcanoes of the Kurile-Kamchatka Island Arc (VOKKIA)"), *Informatika i sistemy upravleniya*, 2012, Vol. 33, No. 3, pp. 179–187.
8. Romanova I.M., Geoportal IViS DVO RAN kak edinaya tochka dostupa k vulkanologicheskim i seismologicheskim dannym (IVS FEB RAS Geoportal as a single point of access to volcanological and seismological data), *Geoinformatika*, 2013, No. 1, pp. 46–54.
9. Khanchuk A.I., Sorokin A.A., Smagin S.I., Korolev S.P., Makogonov S.V., Tarasov A.G., Shestakov N.V., Rasvitiye informatsionno-telekommunikatsionnykh sistem v DVO RAN (Development of information and telecommunication systems in the Far Eastern Branch of RAS), *Informatsionnye tekhnologii i vychislitelnye sistemy*, 2013, No. 4, pp. 45–57.
10. Day E., Aker B., *The Gearman Cookbook, Open Source Convention*, Portland, Oregon, 2010, p. 53.
11. Girina O.A., Gordeev E.I., Proekt KVERT – snizhenie vulkanicheskoi opasnosti dlya aviatsii pri eksplozivnykh izverzheniyakh vulkanov Kamchatki i Severnykh Kuril (KVERT project: reduction of volcanic hazards for aviation from explosive eruptions of Kamchatka and Northern Kuriles volcanoes), *Vestnik DVO RAN*, 2007, Vol. 132, No. 2, pp. 100–109.
12. Gordeev E.I., Girina O.A., Vulkany i ikh opasnost' dlya aviatsii (Volcanoes and their hazard to Aviation), *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 2014, Vol. 84, No. 2, pp. 134–142. DOI:10.7868/S0869587314020121.
13. Korolev S.P., Sorokin A.A., Verkhoturov A.L., Kononov A.V., Shestakov N.V., Automated Information System for Instrument Data Processing of the Regional Seismic Observation Network of FEB RAS, *Seismic Instruments*, 2015, Vol. 51, No. 3, pp. 209–218. DOI:10.3103/S0747923915030068
14. Peterson R.A., PuffUAF User's Manual, *Technical Manual*, 2003, p. 42.
15. Searcy C., Dean K., Stringer W., PUFF: a high-resolution volcanic ash tracking model, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1998, Vol. 80, Issues 1–2, pp. 1–16.
16. Sorokin A.A., Korolev S.P., Urmanov I.P., Verkhoturov A.L., Makogonov S.V., Shestakov N.V., Software Platform for Observation Networks Instrumental Data Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, *Proceedings of International Conference on Computer Science and Environmental Engineering (CSEE 2015)*, Beijing, 17–18 May 2015, pp. 589–594. WOS:000361831900077.
17. Stuefer M., Freitas S.R., Grell G., Webley P., Peckham S., McKeen S.A., Inclusion of ash and SO₂ emissions from volcanic eruptions in WRF-Chem: development and some applications, *Geoscientific Model Development Discussions*, 2012, Vol. 5, Issue 3, pp. 2571–2597.
18. Tanaka H.L., Development of a prediction scheme for volcanic ash fall from Redoubt volcano, Alaska, Volcanic Ash and Aviation Safety: Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety, U.S. Geol. Surv. Bull., 1994, No. 2047, pp. 283–291.